

Evaluación comparativa de parámetros productivos en diferentes cruces de ganado Blanco-Orejinegro con Holstein

Comparative evaluation of productive parameters Blanco-Orejinegro x Holstein cattle crosses

Avaliação comparativa de parâmetros produtivos em diferentes cruzamentos de gado Blanco-Orejinegro com Holstein

Daniel Cardona-Cifuentes,^{*1} Marisol Londoño-Gil,² José Julián Echeverri-Zuluaga³

¹ Estudiante de Maestría en Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular (Biogem). Medellín, Colombia. Correo: dcardonac@unal.edu.co. orcid.org/0000-0002-2144-7296

² Investigadora, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular (Biogem). Medellín, Colombia. Correo: malondonogi@unal.edu.co

³ Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular (Biogem). Medellín, Colombia. Correo: jjecheve@unal.edu.co. orcid.org/0000-0002-9613-0621

Fecha recepción: 01/09/2016

Fecha aprobación: 14/03/2017

Para citar este artículo: Cardona-Cifuentes, D., Londoño-Gil, M., & Echeverri-Zuluaga, J. J. (2017). Evaluación comparativa de parámetros productivos en diferentes cruces de ganado Blanco-Orejinegro con Holstein. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 513-527

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:741

* Autor de correspondencia

Resumen

En los sistemas de producción de leche de trópico alto en el departamento de Antioquia (Colombia), la utilización de la raza Holstein ha permitido obtener altos niveles de producción. No obstante, la implementación de cruces con razas criollas es una opción para introducir genes que aporten adaptabilidad al medio. El objetivo de este trabajo es comparar parámetros productivos entre ganado Holstein y sus cruces con Blanco-Orejinegro, en diferentes proporciones de ambas razas. Se utilizaron 125 lactancias pertenecientes a 48 vacas de un hato antioqueño. Se ajustaron modelos mixtos de medidas repetidas, incluyendo efectos fijos de número de parto, grupo genético y grupo contemporáneo. Se usaron modelos de regresión lineal para evaluar el efecto del porcentaje de la raza criolla sobre los

parámetros productivos. El grupo genético tuvo un efecto significativo sobre la producción al pico, la producción total y la producción para el día 150. El Holstein puro presentó un mayor desempeño que los animales cruzados para la producción de leche ($\bar{x}=6.853,48$ L), la producción al pico ($\bar{x}=34,6$ L) y la producción al día 150 ($\bar{x}=19,97$ L). El análisis de regresión lineal mostró una tendencia leve a la disminución de productividad a medida que aumenta la proporción de Blanco-Orejinegro. Si bien utilizar animales cruzados en sistemas de lechería especializada podría disminuir los parámetros productivos del hato, también permite la introducción de genes que aporten adaptación al medioambiente y resistencia a enfermedades.

Palabras clave: adaptabilidad, aptitud lechera, cruzamiento, ganado de leche, producción lechera, razas indígenas

Abstract

In dairy cattle systems of the high tropics in the department of Antioquia, Colombia, the use of the Holstein breed has allowed to obtain higher milk yields. But the implementation of crosses with creole breeds appears as an option to introduce genes that provide adaptability to herd animals. The aim of this study was to compare productive parameters between Holstein and their crosses with the Blanco-Orejinegro creole breed in different proportions of both races. Hundred and twenty-five lactations of 48 cows from a herd in Antioquia were used. Mixed models of repeated measures were adjusted including fixed effects of birth number, genetic group and contemporary group. Linear regression models were used to evaluate the effect of the

percentage of the creole race on production parameters. The genetic group had a significant effect on peak production, total production and production at day 150. Pure Holstein showed a higher performance than crossed animals in milk production ($\bar{x}=6,853.48$ L), in peak production ($\bar{x}=34.65$ L) and in day 150 production ($\bar{x}=19.97$ L). The linear regression analysis showed a slight tendency for productivity to decrease as the proportion of Blanco-Orejinegro increases. Although the use of crossbred animals in specialized dairy systems can reduce productive parameters in the herd, it can also allow the introduction of genes that contribute to adaptation to the environment and to diseases resistance.

Key words: Adaptability, Dairy cattle, Milk production, Crossbreeding, Milk performance, Land races

Resumo

Nos sistemas de produção de leite de trópico alto no estado de Antioquia (Colômbia), a utilização da raça Holstein tem permitido obter elevados níveis de produção. Contudo, a implantação de cruzamentos com raças crioulas é uma opção para introduzir genes que contribuam com adaptabilidade para o meio. O objetivo deste trabalho é comparar parâmetros produtivos entre gado Holstein e seus cruzamentos com Blanco-Orejinegro, em diferentes proporções de ambas as raças. Foram utilizadas 125 lactações pertencentes a 48 vacas de um rebanho de Antioquia. Foram ajustados modelos mistos de medidas repetidas, que incluíam efeitos fixos de número de parto, grupo genético e grupo contemporâneo. Foram usados modelos de regressão linear para avaliar o efeito da porcentagem da raça crioula sobre os parâmetros

produtivos. O grupo genético teve um efeito significativo sobre o ponto máximo de produção, produção total e produção para o dia 150. O Holstein puro apresentou um maior desempenho que os animais cruzados para produção de leite ($\bar{x}=6.853,48$ L), auge de produção ($\bar{x}=34,6$ L) e produção para o dia 150 ($\bar{x}=19,97$ L). A análise de regressão linear mostrou uma tendência leve à diminuição de produtividade à medida que aumenta a proporção Blanco-Orejinegro. Embora utilizar animais cruzados em sistemas de produção especializada de laticínios possa diminuir os parâmetros produtivos do rebanho, também permite a introdução de genes que contribuam com adaptação para o meio ambiente e com resistência a doenças.

Palavras chaves: capacidade de adaptação, gado leiteiro, produção leiteira, cruzamento, aptidão para produção de leite, raça autóctone

Introducción

Colombia cuenta con un inventario bovino de aproximadamente 22,5 millones de cabezas de ganado, de las cuales se estima que el 6,4% pertenece al sector de la lechería especializada, ubicado principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Boyacá (Fedegán, 2014). En los sistemas de producción de leche de trópico alto del departamento de Antioquia, la utilización de la raza Holstein ha permitido obtener altas producciones de leche, lo que se ha visto reflejado en el gran desarrollo de la cadena láctea del departamento.

Sin embargo, la implementación de cruces con la raza de ganado criollo Blanco-Orejinegro (BON) aparece como una importante opción para la introducción de genes que aporten rusticidad y adaptación en los animales del ható lechero. Se han reportado alelos del gen BoLA presentes en el ganado BON asociados con resistencia a la infestación con ectoparásitos como *Dermatobia hominis*, L. (Diptera: Oestridae) y *Rhipicephalus microplus*, Canestrini (Ixodida: Ixodidae) (antes como *Boophilus microplus*) (Martínez et al., 2005a). Estos mismos autores reportan diferencias significativas en la resistencia a brucelosis de individuos BON puros frente a animales cebú Brahman y los cruces BON con cebú y Holstein-BON (Martínez et al. 2005b).

Por otro lado, Saldarriaga, Rugeles, Velásquez, Bedoya, y Ossa (1999) reportaron individuos BON con genotipos homocigotos para alelos asociados con resistencia a *Brucella abortus* (Schmidt, 1901) Meyer and Shaw, 1920 (Rhizobiales: Brucellaceae), y *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Dublin (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae), en el gen codificante para la proteína del macrófago asociada a resistencia natural (Nramp1). López, Zuluaga, Arango, y Ossa (2000) encontraron una mayor proporción de individuos de la raza BON resistentes a dos subtipos del virus de la fiebre aftosa en una prueba fenotípica *in vitro*.

Por lo general, se acepta que las razas criollas poseen mejores parámetros reproductivos, al estar mejor

adaptadas al medio que las razas foráneas introducidas con el fin de aumentar la productividad. En este sentido, Quijano y Montoya (2003) compararon algunas características reproductivas de animales Holstein y F1 Holstein cruzado con BON, y reportaron diferencias significativas y menores valores para los animales cruzados en intervalo entre partos (390 días frente a 359 días), en días abiertos (107 días frente a 68 días) y en servicios por concepción (1,9 frente a 1,7).

Se sabe que la producción de leche aumenta en las primeras semanas posparto hasta alcanzar el pico de lactancia, para luego decrecer gradualmente, y que la tasa de esa disminución es lo que se conoce como *persistencia*. Una alta persistencia se asocia con una lenta disminución de la producción, y una baja persistencia, con un declive rápido. Aunque son preferibles las vacas con alta persistencia, el desempeño reproductivo puede disminuir si la persistencia esta correlacionada con la producción (Dekkers, Ten Hag, & Weersink, 1998).

Se hace necesario entonces evaluar los parámetros productivos de las razas utilizadas, para identificar fortalezas y aspectos a mejorar. También es necesario explorar la manera de aportar a los animales foráneos la adaptabilidad y la resistencia ofrecida por las razas criollas, así como la productividad de las razas mejoradas, todo esto mediante programas de cruzamiento adecuados para la zona de vida donde se desarrolla la producción.

El objetivo de esta investigación es comparar algunos parámetros productivos entre ganado Holstein (H) y sus cruces con BON en diferentes proporciones, para evaluar el efecto de la inclusión de la raza criolla en las características siguientes: duración de lactancia, producción de leche, días al pico, producción al pico y persistencia a los días 150 y 200.

Materiales y métodos

Se recolectaron datos de 125 lactancias correspondientes a 48 vacas pertenecientes a la estación agraria

Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Esta estación está ubicada en el corregimiento de Santa Elena (Medellín, capital del departamento de Antioquia), donde se desarrolla un sistema de lechería especializada basado en ganado Holstein, con utilización de cruces con la raza criolla BON. Santa Elena se encuentra ubicado a 2.600 msnm, con una temperatura promedio de 14 °C, en zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB), lo que ofrece buenas condiciones para el crecimiento y proliferación del kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Hochst. ex Chiov. (Poaceae). Esta especie conforma casi en su totalidad las pasturas que alimentan los animales objeto de estudio, y es, por tanto, el principal componente de su dieta, que se complementa con alimento balanceado según nivel de producción de leche y la condición corporal.

Se utilizaron cuatro grupos genéticos: 1/2H1/2BON, 3/4H1/4BON, 5/8H3/8BON y Holstein puro. Para estos individuos se calcularon y recolectaron datos de producción de leche por lactancia (PT), duración de la lactancia (DL), días al pico de lactancia (DP), producción de leche en el pico (PP), producción de leche en los días 150 y 200 (150 L y 200 L, respectivamente) y persistencia al día 150 y al día 200 (150 P y 200 P, respectivamente) calculada como la proporción de la producción a los días correspondientes con respecto a la producción al pico.

A continuación, se ajustaron los modelos mixtos de medidas repetidas, en los que se incluyeron el animal como efecto aleatorio y los siguientes efectos fijos: número de parto (np) grupo genético (gc) y grupo contemporáneo representado como la interacción de año y mes de parto ($mp \times ap$). Para el número de partos, los datos se agruparon de manera tal que los partos 4 y 5 se analizaron de manera conjunta. Posteriormente, se utilizaron pruebas de comparación de medias de Scheffé para establecer diferencias entre grupos de componente racial. A continuación, se describe el modelo general utilizado, con variaciones según la variable dependiente (ecuación 1).

$$y_{ijklm} = \mu + n_{pi} + gc_j + mp_k * ap_l + a_m + e_{ijklm} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

y es la variable dependiente (PT, DL, DP, PP, L150, L200, P150 o P200).

μ es la media general de la población.

np es el efecto fijo del número de parto ($i=1, 2, 3, 4, 6$).

gc es el grupo genético.

$mp * ap$ es la interacción del k -ésimo mes de parto por el l -ésimo año de parto ($k=1 \dots 12, l=2006 \dots 2012$).

a representa el efecto aleatorio del animal.

e_{ijklm} representa el error aleatorio asociado a cada uno de los datos.

El nivel de significancia de los efectos fue $p < 0,1$ debido a la representatividad desbalanceada de los grupos raciales en los diferentes números de parto. A partir de los diferentes modelos y agrupaciones que se probaron, se trabajó con el que permitió obtener el mayor coeficiente de determinación. Según resultados del análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, se decidió que era posible trabajar con este nivel de significancia para abarcar una buena explicación de los datos.

Con el fin de ajustar el efecto del número de parto, posteriormente se reagruparon los datos de la siguiente manera: partos uno y dos conformaron el grupo A; partos tres, cuatro y cinco, el grupo B; y parto seis, el grupo C. Para desarrollar los modelos de regresión lineal, se utilizaron como variables dependientes las diferentes características en estudio y , como variable independiente, el porcentaje de la raza criolla BON. De esta forma, se buscó evaluar y detectar el cambio en las variables según el porcentaje de inclusión de la raza BON. El modelo general se describe a continuación (ecuación 2).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

y es la variable dependiente (PT, DL, DP, PP, L150, L200, P150 o P200) dentro de cada agrupación.

β_0 es el intercepto.

β_1 es el coeficiente de regresión.

x es el porcentaje de BON correspondiente a cada grupo genético.

Además, se estimaron correlaciones de Pearson para las características evaluadas, en las que se diferenciaron los animales Holstein puro de sus cruces con BON.

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el *software* estadístico SAS versión 9.2, a través de los procedimientos *mixed*, *reg* y *corr* para los modelos mixtos de medidas repetidas en el tiempo, la regresión lineal simple y las correlaciones, respectivamente.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se observa la cantidad de lactancias disponibles por cada orden de parto (columna) dentro de cada grupo genético (fila). El grupo genético tuvo efecto significativo sobre la producción al pico ($p < 0,1$), la producción de leche por lactancia ($p < 0,05$) y la producción al día 150 ($p < 0,05$), en las cuales se observaron diferencias entre el Holstein y los diferentes cruces con BON. La raza pura siempre obtuvo los valores más altos y, aunque entre los animales cruzados las diferencias no fueron significativas, es de resaltar que el cruce 3/4H1/4BON siempre obtuvo los valores más elevados (tabla 2). Por otro lado, el número de parto fue significativo para la producción total ($p < 0,1$), la duración de la lactancia y la producción al pico ($p < 0,05$), mientras que el grupo contemporáneo no presentó efecto significativo sobre ninguna de las características ($p \geq 0,1$).

Los modelos de regresión lineal desarrollados dentro de cada agrupación de número de parto para predecir el cambio en las variables a partir del porcentaje de raza criolla mostraron, para todas las características, disminución a medida que aumenta la proporción de BON. Esto puede observarse en la tabla 3, en la que los coeficientes de regresión (β_1) fueron negativos ($p < 0,05$). Cada uno de estos coeficientes representa una disminución en las variables dependientes por una unidad de aumento en el porcentaje de BON. La disminución más evidente puede observarse en la producción de leche por lactancia, en la cual los coeficientes de regresión (β_1) estimados para las agrupaciones de número de parto A, B y C fueron significativos ($p < 0,05$) y presumen una disminución de -44,23, -74,76 y -74,77 litros de leche por cada 1 % de la raza BON que se presente en el componente racial del animal.

Igualmente, la inclusión de la raza criolla genera una disminución de la producción al pico, en la producción al día 150, en la producción al día 200, en la persistencia al día 150 y en la persistencia al día 200, cuyos coeficientes de regresión fueron significativos ($p < 0,05$). Este efecto se hace importante desde el inicio de la vida productiva del animal, es decir, en aquellos animales de la agrupación A que pertenecen al primer y segundo parto (figura 1). No obstante, tal efecto se expresa en mayor magnitud en la agrupación B (figura 2), que agrupa animales entre el tercer y quinto parto, que se encuentran en una edad madura, con su capacidad productiva al máximo, lo que haría posible apreciar una mayor diferencia entre animales puros y cruzados (figura 2).

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, en la agrupación C están aquellos animales más maduros, de más de cinco partos, en los cuales la diferencia solo fue significativa para la producción de leche por lactancia (figura 3), lo que puede atribuirse a la disminución del rendimiento a medida que los animales se acercan al final de su vida productiva.

Tabla 1. Cantidad de datos por cada número de partos y grupo genético

| Grupo genético | Número de parto | | | | | Total |
|----------------|-----------------|----|----|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | |
| Holstein | 10 | 6 | 9 | 13 | 3 | 41 |
| 1/2H1/2BON | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 13 |
| 3/4H1/4BON | 18 | 14 | 12 | 7 | 6 | 57 |
| 5/8H3/8BON | 7 | 4 | 0 | 2 | 1 | 14 |
| Total | 38 | 28 | 23 | 24 | 12 | 125 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Efecto del grupo genético sobre la producción total (PT), la producción al pico (PP), los días al pico (DP), la producción al día 150 (L150), la producción al día 200 (L200), la persistencia al día 150 (P150) y la persistencia al día 200 (P200)

| P>F | Holstein | | 1/2H1/2B | | 3/4H1/4B | | 5/8H3/8B | | |
|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|--------|
| | \bar{x} | EE | \bar{x} | EE | \bar{x} | EE | \bar{x} | EE | |
| PT (L) | 0,0304 | 6.853,48 ^a | 387,75 | 4.056,66 ^b | 387,75 | 5.404,15 ^b | 357,14 | 4.571,27 ^b | 614,81 |
| PP (L) | 0,0603 | 34,65 ^a | 1,85 | 23,87 ^b | 3,11 | 28,48 ^b | 1,72 | 26,41 ^b | 3,02 |
| DL (días) | 0,6857 | 329,21 | 12,19 | 324,37 | 20,82 | 308,68 | 9,76 | 316,16 | 18,94 |
| DP (días) | 0,4495 | 38,10 | 2,78 | 32,02 | 5,45 | 40,29 | 2,75 | 44,64 | 5,11 |
| L150 (L) | 0,0409 | 19,97 ^a | 0,81 | 14,95 ^b | 1,32 | 16,54 ^b | 0,697 | 15,49 ^b | 1,27 |
| L200 (L) | 0,3540 | 15,86 | 0,76 | 15,75 | 0,61 | 15,75 | 0,61 | 15,12 | 1,12 |
| P150 (%) | 0,1557 | 65,56 | 2,36 | 54,72 | 4,27 | 58,81 | 2,32 | 57,58 | 4,15 |
| P200 (%) | 0,3564 | 55,12 | 1,79 | 47,62 | 3,55 | 54,83 | 1,80 | 52,11 | 3,15 |

 \bar{x} =media; EE=error estándar de la media; v>F=valor p (las letras distintas indican diferencias significativas).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Valores de intercepto (β_0) y coeficiente de regresión (β_1) para modelos de regresión lineal desarrollados dentro de cada agrupamiento de número de partos

| Agrupación por número de parto | Variable | β_0 | β_1 |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
| A | Producción de leche por lactancia | 5.858,4 | -44,233** |
| | Duración de la lactancia | 345,63 | -0,494 |
| | Días al pico | 38,75 | -0,064 |
| | Producción al pico | 27,14 | -0,124* |
| | Producción al día 150 | 18,08 | -0,129** |
| | Producción al día 200 | 16,2 | -0,124** |
| | Persistencia al día 150 | 0,68 | -0,245* |
| | Persistencia al día 200 | 0,61 | -0,249* |
| B | Producción de leche por lactancia | 7.548,55 | -74,756** |
| | Duración de la lactancia | 354,35 | -1,623** |
| | Días al pico | 36,83 | -0,1378 |
| | Producción al pico | 37,38 | -0,222** |
| | Producción al día 150 | 23,5 | -0,218** |
| | Producción al día 200 | 20,58 | -0,214** |
| | Persistencia al día 150 | 0,646 | -0,318** |
| | Persistencia al día 200 | 0,563 | -0,363** |
| C | Producción de leche por lactancia | 7.908,98 | -74,77** |
| | Duración de la lactancia | 333,474 | -0,743 |
| | Días al pico | 42,9 | -0,135 |
| | Producción al pico | 38,19 | -0,21 |
| | Producción al día 150 | 24,38 | -0,132 |
| | Producción al día 200 | 21,72 | -0,187 |
| | Persistencia al día 150 | 0,649 | -0,335 |
| | Persistencia al día 200 | 0,589 | -0,305 |

Grupo A: partos 1 y 2; grupo B: partos 3, 4 y 5; grupo C: parto 6

*: coeficientes de regresión significativos ($p < 0,05$); **: coeficientes de regresión altamente significativos ($p < 0,001$)

Fuente: Elaboración propia

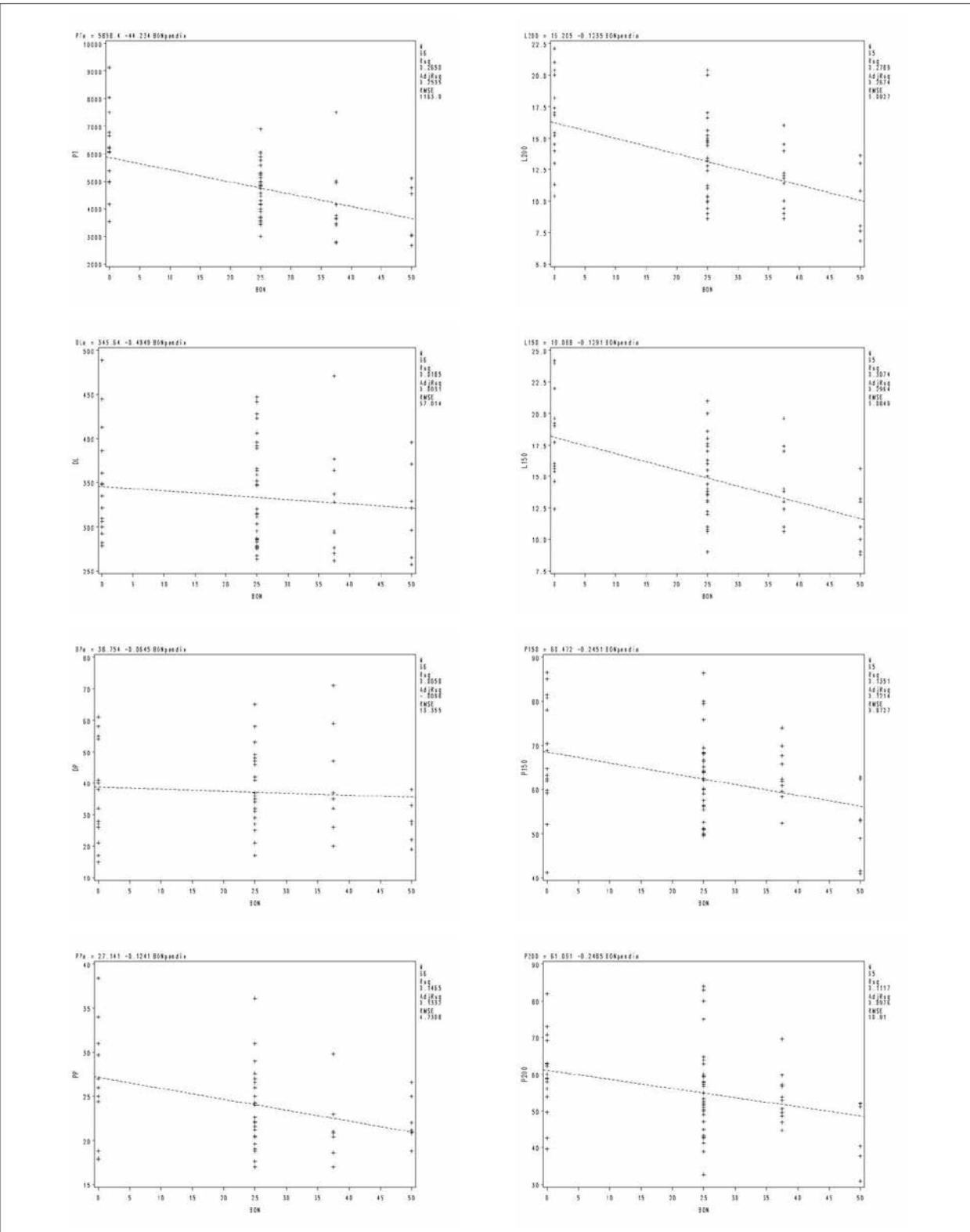


Figura 1. Gráficas de regresión lineal del grupo A (partos 1 y 2) para producción de leche por lactancia (PT), duración de la lactancia (DL), días al pico (DP), producción al pico (PP), producción en los días 150 y 200 (L150 y L200, respectivamente) y persistencia al día 150 y al día 200 (P150 y P200, respectivamente), según porcentaje de inclusión de raza BON.

Fuente: Elaboración propia

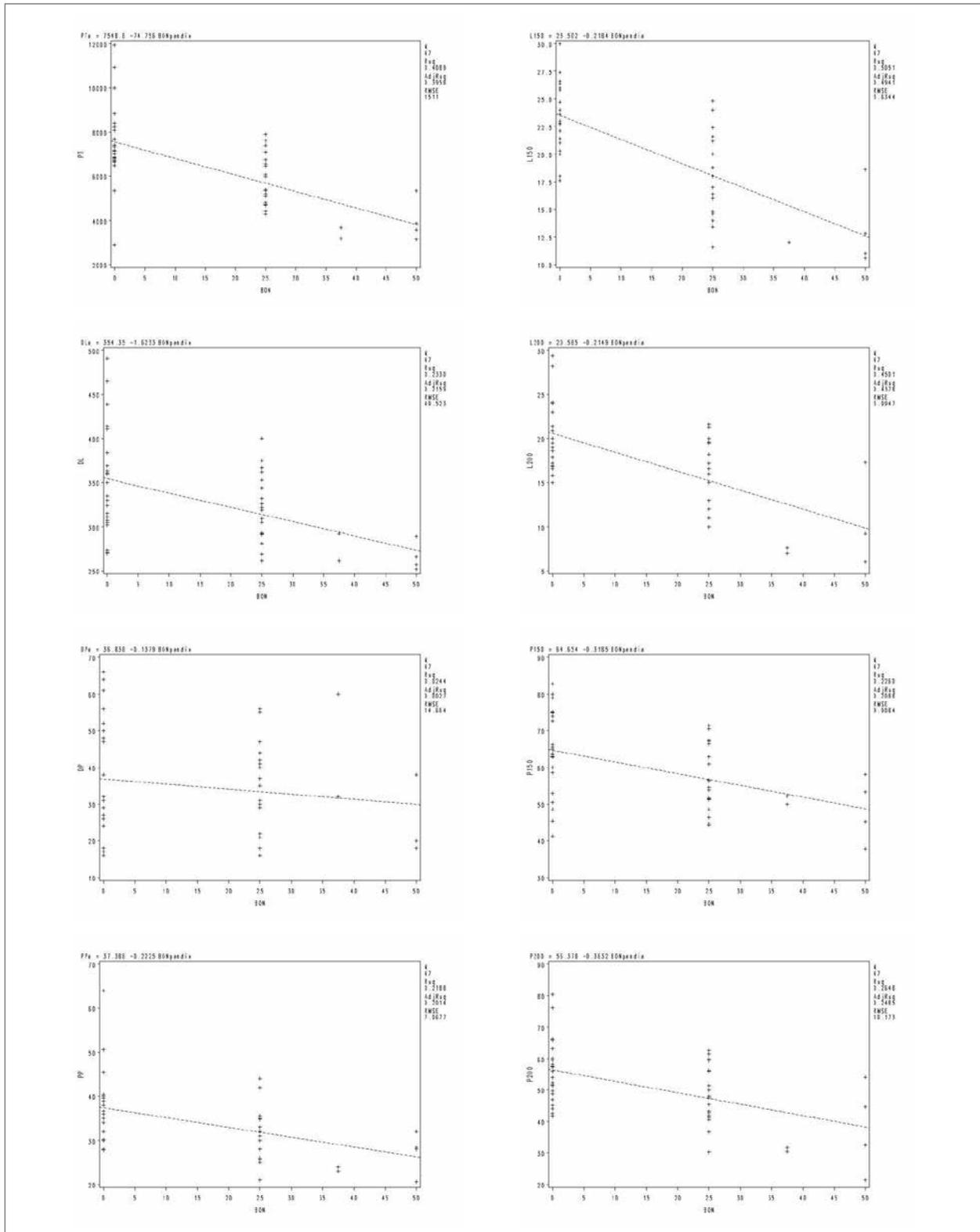


Figura 2. Gráficas de regresión lineal del grupo B (partos 3, 4 y 5) para producción de leche por lactancia (PT), duración de la lactancia (DL), días al pico (DP), producción al pico (PP), producción en los días 150 y 200 (L150 y L200, respectivamente) y persistencia al día 150 y al día 200 (P150 y P200, respectivamente), según porcentaje de inclusión de raza BON.

Fuente: Elaboración propia

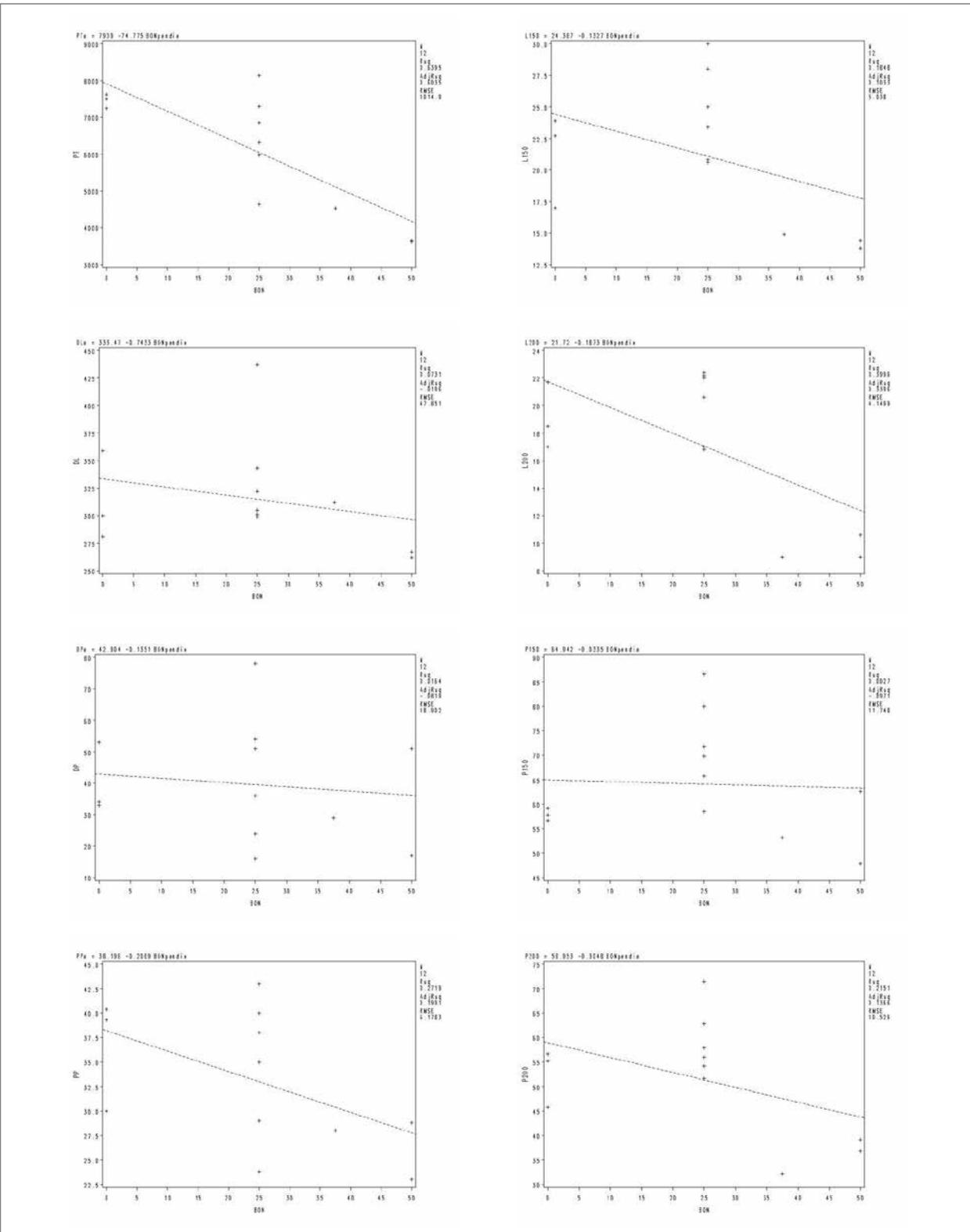


Figura 3. Gráficas de regresión lineal del grupo B (parto 6) para producción de leche por lactancia (PT), duración de la lactancia (DL), días al pico (DP), producción al pico (PP), producción en los días 150 y 200 (L150 y L200, respectivamente) y persistencia al día 150 y al día 200 (P150 y P200, respectivamente), según porcentaje de inclusión de raza BON.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se presentan las correlaciones fenotípicas entre las diferentes características evaluadas para Holstein puro (por encima de la diagonal) y para animales cruzados (por debajo de la diagonal). Los coeficientes de correlación entre producción de

leche por lactancia, producción al pico, producción al día 150 y producción al día 200 fueron altamente significativos, lo cual evidencia correlaciones altas y positivas entre estas variables, tanto para animales puros como para animales cruzados.

Tabla 4. Correlaciones fenotípicas para producción de leche por lactancia (PT), duración de la lactancia (DL), días al pico (DP), producción al pico (PP), producción en los días 150 y 200 (L150 y L200, respectivamente) y persistencia al día 150 y al día 200 (P150 y P200, respectivamente)

| | DP | PP | L150 | L200 | PT | DL | P150 | P200 |
|------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|----------|
| DP | | 0,18875 | 0,1457 | 0,221 | 0,01 | -0,202 | -0,13 | -0,002 |
| PP | -0,100 | | 0,617** | 0,714** | 0,69** | 0,0058 | -0,61** | -0,498** |
| L150 | 0,0627 | 0,815** | | 0,729** | 0,60** | -0,042 | 0,201 | 0,0013 |
| L200 | 0,1333 | 0,696** | 0,894** | | 0,75** | 0,1503 | -0,125 | 0,228 |
| PT | -0,026 | 0,77** | 0,822** | 0,79** | | 0,45** | -0,269 | -0,071 |
| DL | 0,099 | 0,0005 | 0,121 | 0,21 | 0,46** | | -0,091 | 0,121 |
| P150 | 0,315** | -0,1243 | 0,461** | 0,475** | 0,25* | 0,231* | | 0,7** |
| P200 | 0,330** | -0,1541 | 0,311** | 0,592** | 0,247* | 0,31** | 0,791** | |

Nota: Holstein puro por encima de la diagonal; cruzados, por debajo.

*: coeficientes de regresión significativos ($p < 0,05$), **: coeficientes de regresión altamente significativos ($p < 0,001$).

Fuente: Elaboración propia

Mientras que para el ganado puro la correlación entre los días al pico y la persistencia no fue significativa, para el ganado cruzado fue positiva. Complementariamente, la correlación entre producción de leche por lactancia y la persistencia no fue significativa para el Holstein puro, mientras que el ganado cruzado presentó correlación media y positiva de efecto significativo entre la producción total y la persistencia medida a los días 150 y 200. Además, la correlación negativa entre producción al pico y la persistencia al día 150 y al día 200 presente en el ganado Holstein evidencia mayores caídas en la producción de leche en ese grupo genético.

En un estudio realizado con datos de la misma granja, Quijano y Montoya (2000) encontraron mayores producciones para el Holstein puro sobre el F1 (6.154 L y 3.351 L, respectivamente). Así

mismo, estos autores encontraron diferencias significativas para la duración de la lactancia: reportaron lactancias más largas para las vacas Holstein frente al media sangre Holstein-BON. La media reportada en este estudio para Holstein puro (6.853 L) fue superior a las indicadas por Zambrano, Rincón, y Echeverri (2014) (5.516 L para vacas Holstein en el departamento de Antioquia, Colombia) y por Solarte y Zambrano Burbano (2012) (4.132 L para vacas Holstein en el departamento de Nariño, Colombia).

Aunque estos reportes regionales son superiores a las medias de producción de leche alcanzada por las vacas cruzadas utilizadas en este estudio (Holstein-BON), es posible observar que, bajo condiciones de manejo y alimentación adecuadas, los cruces de razas criollas con razas especializadas obtienen

desempeños apropiados para los hatos de producción lechera del país.

Cañas, Restrepo, Ochoa, Echeverri, y Cerón (2007) estimaron curvas de lactancia para Holstein y para cruces de Holstein-BON, y encontraron mayores ascensos, picos productivos, producción al final de la lactancia y, en general, un mayor desempeño para la raza pura, pero sin diferencias significativas en la persistencia, como en el presente estudio. Debido al intenso mejoramiento genético al cual ha sido sometida la raza Holstein, era de esperarse que esta presentara las mayores producciones y que sus valores se mantuvieran incluso a lo largo de la lactancia. Así lo describen Cañas, Cerón-Muñoz, y Corrales (2012), quienes modelaron curvas de lactancia a través de modelos no lineales para ganado Holstein en Colombia, y encontraron menores producciones de leche al pico y por lactancia pero mayores días al pico que los reportados en este estudio para la raza Holstein.

Si bien no hubo diferencias significativas, el cruce 3/4H1/4BON presentó los mayores valores para producción por lactancia, producción al pico y producción al día 150. Esta diferencia pudo haberse evaluado con mayor certeza desde el punto de vista estadístico si los otros cruces se hubiesen encontrado mejor representados en los órdenes de partos (tabla 1), pues este es un efecto importante que afecta el rendimiento lechero de las vacas. Normalmente se acepta que las vacas primíparas no expresan totalmente su potencial, por lo que las producciones en el primer parto son inferiores a las de partos posteriores, además, las vacas primerizas toman más días para alcanzar el pico productivo, en el cual también presentan menores rendimientos que vacas multíparas (Pollott, 2011).

Aunque los resultados del análisis de regresión lineal simple muestran una tendencia a la disminución de los diferentes parámetros al aumentar el porcentaje de BON, esto no fue corroborado a través de la significancia de los modelos mixtos. Por ejemplo, el cruce 1/2H1/2BON —que es el que mayor proporción presenta de la raza criolla—, a pesar de tener un menor promedio para producción por lactancia, no difirió significativamente de los otros

dos grupos genéticos de animales cruzados con mayor proporción de Holstein.

Claro está que, como ya se mencionó, se presenta mayor media para los animales 3/4H1/4BON frente a los 5/8H3/8BON, en los cuales, además, se contó con un mayor número de datos para el 3/4H y presentaron mayores frecuencias en los partos tres, cuatro y seis. Algo similar se observa en la producción al pico y la producción al día 150, cuyos valores no fueron significativamente menores cuando se comparan los tres grupos genéticos de animales cruzados, a pesar de una mayor proporción de la raza criolla.

A través del análisis de regresión lineal puede evidenciarse que, en los programas de cruzamiento en lechería especializada de trópico alto de una raza criolla con una especializada, será necesario mantener la proporción genética a favor de la raza especializada para no disminuir los parámetros productivos, ya que los animales cuyo componente racial sea mayor del 50% en raza criolla podrían ser drásticamente inferiores. Por esta razón, se presentan los cruces 3/4H1/4BON y 5/8H3/8BON como los más adecuados.

Si bien los parámetros productivos serán mayores en una raza especializada para la producción lechera, debe tenerse en cuenta que, en programas de cruzamiento, se utilizan las razas criollas como el BON para mejorar, entre otros, los caracteres reproductivos. Por ejemplo, Quijano y Montoya (2003) reportan diferencias significativas y menores valores para los animales cruzados F1 Holstein-BON respecto al Holstein puro, en parámetros como el intervalo entre partos (390 días frente a 359 días), los días abiertos (107 días frente a 68 días) y los servicios por concepción (1,9 frente a 1,7).

A pesar de la tendencia a la disminución de los parámetros productivos a medida que se aumenta la proporción genética de BON, la producción al pico para los cruces Holstein-BON fue superior a la reportada para otros cruces de la raza lechera especializada con razas tropicales. Por ejemplo, Osorio-Arce y Segura Correa (2005) reportan producciones al pico de 11,89 L y 11,01 L para

Holstein-Cebú y Holstein-Sahiwal respectivamente en el trópico húmedo mexicano; mientras que Facó, Lôbo, Martins Filho, y Moura (2002) reportan producciones de leche por lactancia entre los 1.717 kg y 2.851 kg para vacas Holstein con Gyr en Brasil. Por su parte, Da Glória et al. (2012) encontraron menor producción al pico (entre 8,4 L y 17,2 L), menor producción por lactancia (entre 2.318 L y 2.678 L) y menor persistencia para cruces de ganado Holstein y cuatro razas de ganado cebú respecto a los cruces de Holstein-BON reportados en este trabajo.

Si bien el presente estudio se llevó a cabo en trópico alto, en animales con suplementación, la superioridad de los cruces de Holstein-BON respecto a otros reportes posiciona la raza criolla como un recurso genético promisorio para la introducción de genes de resistencia en el hato lechero.

La correlación positiva entre días al pico y persistencia para las vacas cruzadas podría explicarse por las menores producciones al pico encontradas para los animales cruzados. Estos últimos tienen menores producciones al inicio de la lactancia en comparación con los Holstein puro, por lo que podrían demorar más en alcanzar su máxima producción en el inicio de la curva de lactancia, lo cual genera una producción de leche de nivel similar tanto en primer como en segundo tercio de la lactancia. Adicionalmente, esta facultad del ganado Holstein-BON (de presentar niveles más similares de producción a lo largo de la curva de lactancia) puede ser una característica de individuos cruzados con los más altos niveles de producción total, lo que se hace evidente en la correlación entre producción total y persistencia a los días 150 y 200.

Según Dekkers et al. (1998), las vacas con la mayor persistencia en la lactancia son más rentables que las vacas promedio cuando la producción de leche y la persistencia de la lactancia están correlacionadas, por lo que debe valorarse la capacidad del ganado cruzado Holstein-BON de mantener su nivel productivo a lo largo de la curva de lactancia. Cole y Null (2009) reportan correlaciones fenotípicas positivas entre 0,11 y 0,2 para cinco razas de ganado lechero especializado, pero Cole y VanRaden (2006) las reportan cercanas a 0 para ganado Holstein, y señalan

que vacas con alta persistencia (es decir, con menores producciones en el inicio de la lactancia, pero más altas de lo esperado en el final) pueden tener una vida productiva más larga que vacas con altas producciones en el inicio de lactancia. Esto último podría representar una ventaja de los animales cruzados utilizados en este estudio, cuya producción al pico fue significativamente menor que la del Holstein puro, raza en la que se ha reportado que una mayor producción total de leche y un mayor pico de lactancia están asociados con menores persistencias (Pollott, 2011).

Se ha señalado que aquellos animales que tienen menor producción en el inicio de la lactancia tienen más bajos requerimientos de energía y de materia seca, por lo que generan menores costos de producción; así mismo, disminuyen su probabilidad de ser descartados y tienden a tener una mayor vida productiva que aquellos animales con altas producciones iniciales (Dekkers et al., 1998). Según esto, los animales cruzados Holstein-BON se posicionan como un importante recurso genético para la producción de leche especializada en el trópico alto de Antioquia.

Conclusiones

Aunque se observó una tendencia de los animales Holstein-BON a presentar menores valores para las características evaluadas en comparación con los obtenidos por el Holstein puro, se encontraron parámetros productivos favorables para los grupos genéticos de animales cruzados. Lo anterior pone en evidencia las bondades de la raza BON, cuyos genes aportan resistencia y adaptación al medioambiente. Si bien esta raza presenta parámetros inferiores a los de la raza especializada, es superior a otros cruces reportados en la literatura, por lo cual es una importante opción para programas de cruzamiento en sistemas de lechería especializada en el trópico alto.

Se hace importante, además, desarrollar estudios que permitan establecer diferencias en cuanto a parámetros reproductivos, salud, permanencia, aprovechamiento y requerimientos de nutrientes. De esta forma sería posible evaluar los beneficios económicos de los animales cruzados de menores

rendimientos en el pico productivo, pero que pueden mantener la producción a lo largo de la curva de lactancia.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia y a su Facultad de Ciencias Agrarias, quienes a través de la estación agraria Paysandú suministraron a estudiantes y docentes los insumos requeridos para crecer en conocimiento e innovación

en beneficio del agro colombiano. Agradecen también a los revisores pares y a los editores de esta revista por sus comentarios, que ayudaron a mejorar este trabajo y a hacer de esta publicación una experiencia enriquecedora.

Descargos de responsabilidad

Los autores autorizan la publicación del presente estudio y declaran que no existe ningún conflicto de interés que afecte los resultados.

Referencias

- Cañas, J., Cerón-Muñoz, M., & Corrales, J. (2012). Modelación y parámetros genéticos de curvas de lactancia en bovinos Holstein en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 2998-3003.
- Cañas, J. J., Restrepo, L. F., Ochoa, J., Echeverri, A., & Cerón, M. (2007). Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(1), 35-43.
- Cole, J. B., & Null, D. J. (2009). Genetic evaluation of lactation persistency for five breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2248-2258.
- Cole, J. B., & VanRaden, P. M. (2006). Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2722-2728.
- Da Glória, J. R., Bergmann, J. A. G., Quirino, C. R., Ruas, J. R. M., Pereira, J. C. C., Reis, R. B., ... De Almeida e Silva, M. (2012). Environmental and genetic effects on the lactation curves of four genetic groups of crossbred Holstein-Zebu cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11), 2309-2315.
- Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H., & Weersink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 53(3), 237-252.
- Facó, O., Lôbo, R. N. B., Martins Filho, R., & Moura, A. A. A. (2002). Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(5), 1944-1952.
- Fedegán. (2014). *Análisis del inventario ganadero colombiano - 2014 comportamiento y variables explicativas*. Recuperado de <http://www.fedegan.org.co/publicacion-presentaciones/ analisis-del-inventario-ganadero-colombiano-comportamiento-y-variables>.
- López, A., Zuluaga, F. N., Arango, A. E., & Ossa, J. E. (2000). *Fenotipificación del ganado criollo colombiano Blanco Orejinegro (BON) para resistencia/susceptibilidad y producción de IFN α - β , contra el virus de la fiebre aftosa* (Tesis de maestría inédita). Universidad de Antioquia, Colombia.
- Martínez, R., Toro, R., Montoya, F., Burbano, M., Tobón, J., Gallego, J., & Ariza, F. (2005a). Evaluación genética para resistencia a brucelosis en ganado criollo colombiano BON. *Archivos de zootecnia*, 54(206-207), 333-430.
- Martínez, R., Toro, R., Montoya, F., Burbano, M., Tobón, J., Gallego, J., & Ariza, F. (2005b). Caracterización del locus bola-drb3 en ganado criollo colombiano y asociación con resistencia a enfermedades. *Archivos de zootecnia*, 54(206-207), 349-356.
- Osorio-Arce, M. M., & Segura Correa, J. C. (2005). Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1), 127-137.
- Pollott, G. E. (2011). Short communication: do Holstein lactations of varied lengths have different characteristics? *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6173-80.
- Quijano, J. H., & Montoya, C. (2000). Comparación productiva de vacas Holstein y F1 I. Producción y calidad de la leche. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 53(2), 1115-1128.
- Quijano, J. H., & Montoya, C. (2003). Comparación reproductiva de vacas Holstein, BON y F1 BON x Holstein en el Centro Paysandú, 2. Edad al primer parto, intervalo entre partos, días abiertos y servicios por concepción. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 56(1), 1877-1886.
- Saldarriaga, O. A., Rugeles, M. T., Velásquez, J. I., Bedoya, G., & Ossa, J. E. (1999). Caracterización genotípica de la resistencia natural del ganado blanco orejinegro BON a Salmonella Dublin SL 2250. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 12, 234.
- Solarte, C. E., & Zambrano Burbano, G. L. (2012). Characterization and genetic evaluation of Holstein cattle in Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(4), 539-547.
- Zambrano, J., Rincón, J., & Echeverri, J. (2014). Parámetros genéticos para caracteres productivos y reproductivos en Holstein y Jersey colombiano. *Archivos de Zootecnia*, 63(243), 495-506.